



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

ULB

# Qualitätssicherung bei EDV-gestützten Reproduktions- und Druckverfahren

Hradezky, Roland  
(1978)

DOI (TUprints): <https://doi.org/10.25534/tuprints-00014056>

License:



CC-BY 4.0 International - Creative Commons, Attribution

Publication type: Article

Division: 16 Department of Mechanical Engineering  
16 Department of Mechanical Engineering

Original source: <https://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/14056>

---

# Qualitätssicherung bei EDV-gestützten Reproduktions- und Druckverfahren

Von Dr.-Ing. ROLAND HRADEZKY\*

Teil I

Die letzte Drupa hat den Anschluß der grafischen Techniken an das Zeitalter der EDV demonstriert. Erst durch diesen Wandel war die Entwicklung neuer Reproduktions- und Vervielfältigungstechniken möglich. Nicht mehr nur reelle Druckvorlagen wie Fotos und Dias werden als Prozeßeingang verwendet, sondern auch deren Daten werden in Massenspeichern (Magnetplatten, Magnetbänder) erfaßt und zur Ansteuerung geeigneter Geräte eingesetzt. Es ist leicht einzusehen, daß eine Qualitätskontrolle der einzelnen Prozeßschritte bei diesen neuen Verfahren mit den bisherigen meßtechnischen und visuellen Prüfmethoden nicht mehr möglich ist. Neue Produktionsmethoden bedingen also neue Prüfmethoden, die sich selbst an der Technologie der Produktion orientieren sollten, um mit Rücksicht auf die Genauigkeit ihrer Aussage und der Zeit- und Kostenersparnis kürzere Verfahrenswege zu garantieren. Auf der Suche nach neuen, der zeitgemäßen Technologie angepaßten Prüfmethoden muß eine Systemanalyse und Kritik bestehender Kontrollverfahren voranstellen, um eine Abgrenzung vornehmen zu können.

## Druckqualität als Prozeßparameter

Die Qualität eines Druck-Erzeugnisses stellt eine Summeneigenschaft von Gestaltungsqualität, Materialqualität und Druckqualität dar. Während die Gestaltungsqualität nur beschränkt durch meßtechnische Qualitätsparameter bewertet werden kann, wird die Material- und Druckqualität durch das Zusammenwirken von physikalischen, chemischen und visuellen Faktoren gekennzeichnet.

Noch ist die Druckindustrie in letzter Instanz (dem Urteil des Verbrauchers) größtenteils von einer subjektiv visuellen Qualitätsbeurteilung ihrer Erzeugnisse abhängig, da die vom Kunden vorgegebene Gestaltungsqualität in Form einer Druckvorlage als direktes Maß für die Qualität der Reproduktion von ihm auch in diesem Sinne gebraucht wird. Der Zwang zur Rationalisierung durch Standardisierung im grafischen Gewerbe bedingt eine weitgehende Versachlichung der ästhetischen Bewertung von Druckprodukten und den Einsatz von vorwiegend physikalisch und chemisch belegbaren Prüfmethoden, die jeden Produktionsschritt steuerbar und damit reproduzierbar machen.

## Stand der Qualitätskontrolle im Reproduktions- und Druckprozeß

Druckverfahren dienen der Vervielfältigung einer in Form von Fotos, Dias, Zeichnungen, Texten vorgegebenen Information. Der Druckvorgang ist an eine Druckform, an Farbe und an einen Bedruckstoff, zum Beispiel Papier, gebunden. Beim Buch- und Offsetdruck läßt sich der Aufbau eines ein- oder mehrfarbigen Bildes nur durch Papierweiß und durch voll mit Farbe bedruckte Flächenanteile realisieren. Eine Darstellung von Grautönen beziehungsweise Farbtönen, wie sie von der Druckvorlage vorgegeben sind, ist daher nur durch Wahl geeigneter Relationen von bedruckten und unbedruckten Flächenteilen, dem Raster, möglich. In den dem eigentlichen Druck voranstehenden Reproduktionsprozessen muß infolgedessen die kontinuierliche Leuchtdichteverteilung in der Druckvorlage mit Hilfe eines Modulators in Rastertonwerte umgesetzt werden. Während der einzelnen Prozesse wird die am Anfang stehende, durch die Vorlage definierte Information von einem Informationsträger (Papier, Folie) zum nächsten weitergegeben. Man spricht auch von einer Übertragungskette [1], [Abbildungen 3 und 4]. Bei jedem einzelnen Verfahrensschritt können Tonwertverschiebungen kaum vermieden werden. Durch systematische Untersuchungen konnten die Tonwertverschiebungen für jeden Verfahrens-

schritt unter Berücksichtigung verschiedener Prozeßbedingungen ermittelt werden. Daraus folgt, daß der gesamte Reproduktions- und Druckprozeß nur dann sicher beherrscht werden kann, wenn die Einflüsse von Material und Verarbeitung bekannt und kontrollierbar sind. Obwohl beim gesamten autotypischen Prozeß die Information durch fortwährenden Trägerwechsel zwangsweise auch in unterschiedlichen Codierungen (Positiv-Negativ-Raster) vorliegt, ist angenähert eine quantitative Analyse der Übertragungseigenschaften in Abhängigkeit von den Prozeßvariablen mit Hilfe von Kontrollmaßnahmen und Meßtechnik möglich. Je nach Mittel und Art der Anwendungen lassen sich subjektive, objektive und bedingt objektive Kontrollmöglichkeiten unterscheiden [Abbildungen 1 und 2].

### 1 Art und Beurteilungsweise von Kontrollelementen

Kontrollart	subjektiv	objektiv
Visuelle Kontrolle	●	
Visuelle Kontrolle von Kontrollelementen	●	●
Densitometrische Messung an Kontrollelementen	●	●
Quantitative Bildanalyse		●

### Visuelle Kontrolle







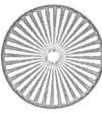
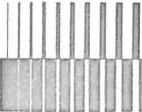
Eine visuelle Kontrolle ist zwangsläufig an einen Vergleich mit einem Sollzustand gebunden. Der Sollzustand kann einmal in der Erinnerung durch entsprechende Erfahrung gegeben sein oder durch eine Vorlage physisch präsent sein. Besonders beim Druckprozeß wird von der letzteren Möglichkeit Gebrauch gemacht, da das menschliche Auge ein hohes Differenzierungsvermögen im Vergleich von ein- und mehrfarbigen Bildinformationen besitzt und in der Lage ist, bei normierten Lichtverhältnissen Tonwertverschiebungen im Vergleich mit der Vorlage oder mit dem Andruck zu beurteilen. Schwieriger ist es allerdings aus der Synthese der vier gedruckten Primärfarben festzustellen, welche Teilfarbe abweichend druckt, um daraus die notwendige Korrektur abzuleiten. Außer einer integralen Beurteilung eines Druckproduktes kann mit der Lupe bei Tonwertverschiebungen das Ausdrucken des Rasters untersucht werden, um dabei Zu- oder Abnahme der Rasterpunktgröße festzustellen. Eine Aussage über die Größenordnung der Punktveränderung ist dabei nur schwer möglich. Grobe Druckfehler wie Rupfen, Dublieren, Feuchtwasserstreifen, Rakelstreifen sind leicht als solche zu erkennen und auch zu beheben.

Ein Hauptproblem der visuellen und nicht automatisierten Kontrolle des Auflagedruckes liegt in der Geschwindigkeit des Druckvorganges, so daß nur einzelne Bogen oder Nutzen kontrolliert werden können und während der Kontrollzeit unter Umständen wertvolles Papier zu Makulatur wird. Die physikalisch und physisch bedingten Unzulänglichkeiten des Druckers, wie sie sich durch schwankende Leistungsbereitschaft im Tagesrhythmus, durch unterschiedliche spektrale Empfindlichkeit des Auges, durch die Einstellung zum Beruf und durch das allgemeine Befinden äußern, machen eine Qualitätsbeurteilung durch visuellen Vergleich nur durch Einbeziehen weiterer qualitätsbestimmender Parameter weniger subjektiv.

### Visuelle und densitometrische Prüfung von Kontrollelementen

Kontrollelemente sind spezielle Film- und Druckvorlagen, die durch zweckgerichtete Gestaltung zum Umkopieren, bei der Plattenherstellung und beim Drucken spezifische Verfahrensmängel durch visuelle

\* Dr.-Ing. ROLAND HRADEZKY ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren der Technischen Hochschule Darmstadt. Institutsleiter: Prof. Dipl.-Ing. K. R. SCHEUTER.

Kontrollelement (1,8fache der nat. Größe)	Bezeichnung	Flächendeckung $\varphi$ [%]	Erfassung meßtechn.	visuell	Verwendung Plattenkop. Druck	Verwendungszweck
	Vollton	100	●	●	●	Färbungskontrolle
	Punktraster	$5 < \varphi < 10$	●	●	●	Niedrigster reproduzierbarer Tonwert
	Punktraster	$0 < \varphi < 100$	●	●	●	Kontrolle der Druckgradation
	Punktraster	$90 < \varphi < 100$		●	●	Bestimmung der oberen Grenze der Tonwertdifferenzierung (Zusatzpunkt)
	Linienraster in Druckrichtung		●		●	
	Linienraster 45°	$\varphi \sim 70$		●	●	Schieben, Dublieren (Schmitzerscheinungen) Abwicklungsdifferenzen
	Linienraster quer zur Druckrichtung		●	●	●	
	Star-Target			●	●	Dublieren
	Linienfelder mit negat. u. posit. Linien versch. Strichstärke			●	●	Bewertung des Auflösungsverm.

Kontrolle und durch densitometrisches Messen qualitativ und quantitativ erfaßbar machen. Da diese Kontrollelemente im Gegensatz zum eigentlichen Druckauftrag immer dieselben sind, wird die Überwachung der drucktechnischen Bedingungen und das Erkennen von Ursachen bei Abweichungen erleichtert.

Die Vielfalt der möglichen Verfahrensmängel und die Tatsache, daß ein Kontrollelement nur auf eine prozeßbedingte Einflußgröße optimal ansprechen kann, haben zu einer Palette von verschiedenartigen Kontrollelementen geführt, wie sie in Abbildung 4 zusammen mit ihren Möglichkeiten aufgeführt sind. In zahlreichen Veröffentlichungen, deren Aussage sehr oft kommerziell gefärbt ist, wird ausführlich auf Kontrollelemente und ihre praktische Bedeutung eingegangen [2, 3, 4]. Da unterschiedliche Kontrollelemente für gleiche Verfahrensfehler unter Umständen auch Interpretationsdifferenzen miteinbeziehen und damit einer Standardisierung des gesamten Reproduktions- und Druckprozesses entgegenstehen, soll im Entwurf zur DIN 16527 mit Festlegung der Elemente für Kontrollstreifen eine einheitliche Bezeichnung und Anwendung von Kontrollelementen im Andruck und im Auflagendruck herbeigeführt werden. Welche der angeführten Kontrollelemente jeweils angewendet werden, richtet sich nach dem Druckverfahren, dem Druckfolge-Intervall (Seriendruck oder Naß-in-Naß-Druck) und danach, ob es sich um den Andruck oder den Auflagendruck handelt. Kontrollelemente für die reproduktionstechnischen Produktionsstufen, einschließlich Kopie, sind nicht Gegenstand dieser Norm.

Weiter werden in dieser Norm auch drei funktional begründete Unterscheidungen der Kontrollelemente vorgenommen:

- A Bildelemente, die auch ähnlich auf dem Druckbild vorgefunden werden (Volltonfelder, Rasterfelder, Stufenkeile).
- B Bezügelemente, die im Druckbild selbst nicht vorkommen, jedoch

spezifische Veränderungen im Druckbild genauer und besser erfaßbar machen (Linienfelder, Star-Targets).

- C Meßelemente sind Bild- und Bezügelemente, die hinsichtlich der geometrischen Abmessungen und der Gleichmäßigkeit für die Ausmessung mit Farbdichtemeßgeräten geeignet sind.

Die je nach Qualitätsanforderungen, Meßbedingungen und Druckverfahren einzusetzenden Elemente werden zu Kontrollstreifen zusammengefaßt und, wenn möglich, mehrfach über die Breite des Druckbogens verteilt angewendet.

### Der verfluchte Paplerstaub. Wir haben ihn im Griff!

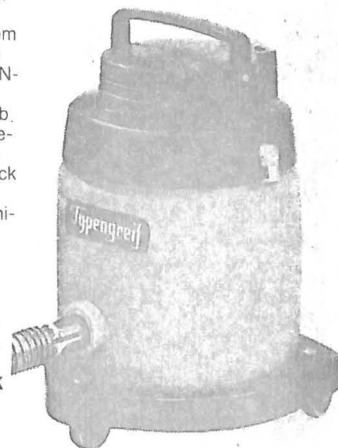
Offset-, Buchdruck-, Buchbinderei- u. a. Weiterverarbeitungs-Maschinen erzeugen eine beträchtliche Menge an mikroskopisch feinem Staub, an Papierstaub und Abrieb. Der neue Hochleistungs-Druckereistaubsauger TYPENGREIF SPEZIAL 3200 mit extrem starker Saugkraft für elektrostatisch haftenden Staub, — jetzt mit 3facher Wattleistung und Luftförderung — mit bewährten und neuen Spezialdüsen und Absaugbürsten für Offset, Buchdruck und Setzerei, kostet komplett DM 476,— + MWSt. Betriebsreinigungsgarnitur für Hart- und Teppichboden DM 49,80, Setzkastendüse DM 57,50.

### Testen Sie

seine hervorragende Leistungskraft. Verlangen Sie eine unverbindliche Probeflieferung.

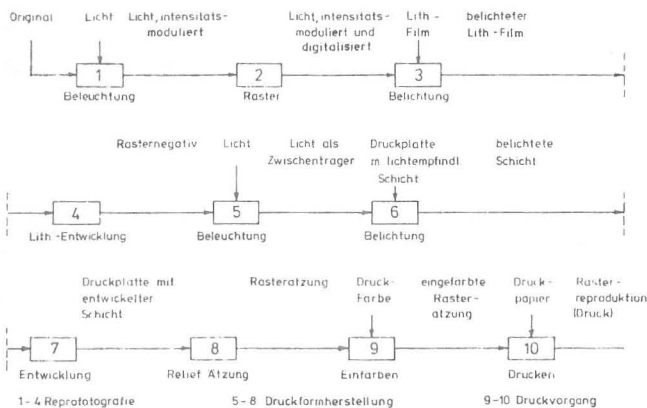
**Typengreif Apparatebau W. Bilek**  
Argonnenstr. 24 · 7000 Stuttgart 50  
Tel. (0711) 563457

**Typengreif**  
**Spezial 3200**

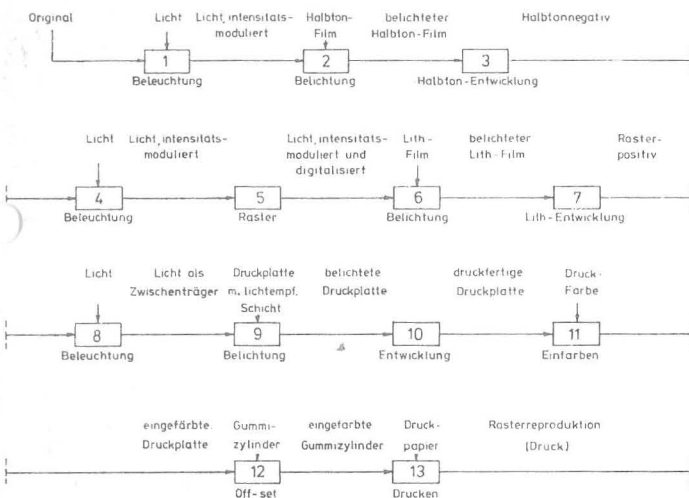




### 3 Übertragungskette für die Reproduktion beim Buchdruck



### 4 Übertragungskette für die Reproduktion beim Offsetdruck



In dem erwähnten Normvorschlag werden auch Hinweise zur gezielten Anwendung der Kontrollelemente gegeben, da eine genormte Ausführung der Elemente erst in Verbindung mit einer ebenfalls genormten Anwendung eine vergleichende Druckqualitätsaussage möglich machen.

Die Anwendung und Interpretation ist nicht ganz ohne Probleme. Da Kontrollelemente auf jedem Bogen mitgedruckt werden, müssen sie, um Platz einzusparen, so klein wie möglich gehalten werden. Im teilweisen Widerspruch dazu steht die Forderung nach ausreichender Größe für die visuelle Wahrnehmung und für die Meßspotgröße der Densitometer. Es erhebt sich weiterhin die Frage, inwieweit ein an einer Stelle des Druckbogens mitgedrucktes Kontrollelement repräsentativ für den ganzen Druckbogen ist. Untersuchungen in dieser Richtung zeigen, daß eine für die praktischen Bedürfnisse befriedigende Korrelation der Kontrollelementaussagen mit dem Druckausfall tatsächlich gegeben ist. Ebenso darf mit einer befriedigenden Korrelation stichprobenartig gezogener Bogen mit der gesamten Auflage gerechnet werden.

Der rein visuellen Prüfung von Kontrollelementen sind dann Grenzen gesetzt, wenn zur statistischen Erfassung von Reproduktions- und Druckparameterschwankungen quantitative Aussagen gemacht werden müssen. Der Einsatz von Dichtemeßgeräten objektiviert den Kontrollvorgang aber auch nur in gewissen Grenzen, da Meßinstrumente nur relative Aussagen machen und deren Interpretation vom Wissen und der Erfahrung des Kontrolleurs beeinflusst wird. Dazu

kommt noch, daß Densitometermessungen mit verschiedenen Geräten nicht uneingeschränkt vergleichbar sind.

Bei hohen Druckauflagen und vor allem beim Rotationsdruck ist eine Qualitätssicherung wegen der immer größer werdenden Druckgeschwindigkeit auf lange Sicht nur über integrierte Maschinendichtemessungen im Online-Verfahren sinnvoll. Einige Anlagen dieser Art sind schon in der Erprobung und auch in der Produktion eingesetzt [5, 6, 7, 8]. Da auf jedem Bogen beziehungsweise nach jeder Zylinderumdrehung Messungen an speziellen Kontrollelementen vorgenommen werden, ist eine Verarbeitung der Datenflut nur über ein rechnergesteuertes System möglich, das heißt, ein Prozeßrechner steuert und koordiniert die Messungen und liefert dem Drucker statistische Kenndaten, aus denen im Vergleich mit Sollwerten Abweichungen und Tendenzen früh erkannt und korrigiert werden können. Da die Frage nach Art und Größe einer optimalen Regelfunktion von Druckmaschinen noch nicht beantwortet werden konnte, ist zur Zeit nur eine »Open-loop«-Steuerung möglich, das heißt, die registrierten Maschinendaten als Istdaten müssen vom Drucker in Regelgrößen umgesetzt werden. Für die Farbführung als Beispiel ist diese Umsetzung beim Rollentiefdruck wegen der relativ einfachen Farbmengenregelung möglich. Beim Offsetdruck läßt sich wegen der zonenweisen unterschiedlichen Farbzufuhr und dem Einfluß des Feuchtmittels auf die Farbführung eine Fehlerursache-Rückkoppelung nicht so einfach finden. Diese Tatsache und wirtschaftliche Überlegungen vor dem Einsatz einer solchen Anlage stehen einer weiten Verbreitung des Online-Meßverfahrens besonders beim Offsetdruck entgegen.

Eine »Closed-loop«-Regelung der gesamten Druckmaschine bedingt außer den densitometrischen Kontrollmöglichkeiten auch eine automatische Erfassung, Interpretation und Rückkoppelung von weiteren drucktechnischen Parametern, deren funktionale Abhängigkeit voneinander und ihr gegenseitiger Einfluß auf das Druckergebnis recht komplex sind, so daß eine vollautomatische Druckmaschine mit den bisherigen Meßmethoden in absehbarer Zeit nicht zu realisieren sein wird [9, 10].

### Quantitative Bildanalyse

Der Übergang von einer »Open-loop«-Steuerung zur »Closed-loop«-Steuerung setzt den Ersatz menschlichen Handelns durch Simulation visueller und feinmotorischer Impulse voraus. Da im Bereich der Reproduktions- und Drucktechnik visuell relevante Information nur aus dem Druckprodukt selbst entnommen werden kann, scheint die Einbeziehung der Methoden der quantitativen Bildanalyse als Beitrag zur Qualitätssicherung sinnvoll [11, 12]. Bei diesen Verfahren werden mit Mikroskop-Fotometern oder Fernsehkameras mit einer Kathodenstrahlauflahmeröhre (Plumbikon) diskrete Bildpunkte farbmetrisch erfaßt, digitalisiert und gespeichert. Mit den gespeicherten Daten können beispielsweise Zahlenangaben über die Gleichmäßigkeit der Umsetzung eines einheitlichen Grauwertes in Rasterflächen gewonnen werden. Auch Druckdefekte, wie fehlende Rasterpunkte (missing dots) im Tiefdruckverfahren können quantitativ erfaßt werden [13]. Diese Vorgehensweise ist aber zur Zeit noch auf Laboruntersuchungen und damit auf die Grundlagenforschung beschränkt.

### Problem der Prozeßstandardisierung

Eine Standardisierung und damit eine gewisse Objektivierung des Produktionsprozesses ermöglicht den Schritt von handwerklichen zu industriellen Produktionsmethoden; damit verbunden ist eine bessere Qualitätssicherung, schnellere Auftragsabwicklung und damit eine höhere Rentabilität. Der Weg zur Standardisierung über normierte Kontrollmöglichkeiten, wie sie im letzten Kapitel kurz beschrieben wurden, setzt normierte Prozeßbedingungen voraus.

Zu den Prozeßbedingungen müssen unter anderem die Druckvorlage, Kameras, Kopiergeräte, Densitometer, Filme, Papiere, Chemikalien, Druckplatten, Druckmaschine, Druckpapiere, Druckfarben, Feuchtmittel, Umgebungseinflüsse wie Temperatur, Luftfeuchtigkeit

# Revital

Die Antwort der modernen Chemie  
gegen das Altern von Gummi. Spezialprospekt anfordern!

**georg gernhard** · 6 frankfurt · schiefhüttenstr. 26 · tel. 413152

**Regenerierung  
für Gummifächer  
und Walzen**

und der Mensch als dominanter Faktor im Mensch-Maschine-System gezählt werden. Normierbar sind Bedingungen, die physikalisch und chemisch definierbar und damit in Grenzen vorgebar und reproduzierbar sind. In der Reihe der Prozeßbedingungen trifft diese Forderung für die meisten der angeführten Komponenten zu. Nur die Druckvorlage und menschliche Verhaltensweisen sind nicht im technischen Sinn normierbar, wohl aber beeinflussbar.

Mit einer Normierung sind systembedingte Prozeßfehler zu vermeiden, nicht aber stochastische Einflüsse, wie sie durch Filmkornverteilung, Farbinhomogenitäten und dergleichen auftreten können. Eine Standardisierung des Gesamtprozesses ist also nur in den Grenzen vorbestimmbarer Toleranzen möglich. Weiterhin ist eine Standardisierung an definierte Eingangsvoraussetzungen, also an die Druckvorlage oder Original, und an Prozeßziele, ein der Vorlage gleiches Druckprodukt, gebunden.

Da ein Reproduktions- und Druckprozeß, bedingt durch die autotypische Halbtonsimulation und den Farbzusammendruck, nur einen relativ geringen Farb- und Helligkeitsumfang ohne Verluste verarbeiten kann, muß bei der Konzeption der Vorlage die anfangs angesprochene Gestaltungsqualität auf das technisch Realisierbare beschränkt bleiben. Da Druckvorlagen in den meisten Fällen der Druckerei vom Kunden vorgegeben werden und dieser oft als Nichtfachmann über die anstehenden Schwierigkeiten nicht ausreichend informiert ist, wird ein verkaufsfähiges Druckprodukt nur über Kompromisse und subjektiv geprägte Modifikationen beim Reproduktionsprozeß erzielt, wodurch die Möglichkeit einer Standardisierung erschwert wird. Um dieser Schwierigkeit zu begegnen, wurden in letzter Zeit in Veröffentlichungen »verfahrensgerechte Druckvorlagen« [14, 15] und eine »Erziehung des Kunden zur besseren Vorlagenkritik« vorgeschlagen. In diesen Aufsätzen werden auch Forderungen nach Normung und verbindlichen Richtlinien für die Beschaffenheit von Druckvorlagen laut, wobei die Subjektivität der Qualitätsbeurteilung als eine der Hauptschwierigkeiten angeführt wird. Unter anderem wird betont, daß den Kunden primär nicht die Fertigungstechnik, sondern das Endresultat, also der originalgetreue Druck interessiert. Die Simulation einer visuellen Qualitätskontrolle, wie sie als eine Voraussetzung zur automatischen Prozeßregelung bereits erwähnt wurde, sollte sich demnach an einer meßtechnisch erfassbaren Beziehung einer Druckvorlage zu ihrem gedruckten Abbild orientieren.

Die Möglichkeit einer Simulation bedingt Eigenschaften von Vorlage und Drucken, die für das humane visuelle System und für Meßinstrumente gleichermaßen erkennbar sind. Diese Eigenschaften sind für das Auge der Detailreichtum und der Schwärzungs- oder Farbumfang; für ein geeignetes Meßinstrument lassen sich diese Eigenschaften durch die

sogenannten Informationsgehalte von Vorlage und Drucken definieren. Diese Informationsgehalte können durch meßtechnisch rechnerische Maßnahmen ermittelt werden. Damit lassen sich quantitativ belegte Beziehungen zwischen einer Vorlage und den aus ihr resultierenden Drucken herstellen, die mit visuell subjektiv abgeleiteten Beziehungen (zum Beispiel einer Qualitätsaussage) vergleichbar sein sollen. Über diese Problematik, ihre Lösung und die daraus möglichen Konsequenzen für den drucktechnischen oder allgemein für den kommunikativen Bereich soll in einem der nächsten Hefte referiert werden.

Wird fortgesetzt

DK 658.562.6 Qualitätskontrolle

DK 655.3.062 Qualitätsmerkmale

#### LITERATURVERZEICHNIS

1. SCHEUTER, WOLF: *Beitrag zur Systemtheorie der Druckverfahren*. Druck Print 2/69.
2. GÜNTHER, D., BOSSE, R.: *Kontrollelemente im Offsetdruck und ihr Zusammenhang mit dem Druckbild*. FOGRA Mitteilung Nr. 75, April 1973, FOGRA Mitteilung Nr. 78, Dez. 1973.
3. BURKHARDT, A. C.: *Offset: Vom Fortdruck über den Andruck zur Reproduktion*. Deutscher Drucker Nr. 16/25-4-74.
4. FURRER, W.: *Die Grenzen der Qualitätskontrolle im Offsetdruck*. Polygraph 17-75.
5. VON GALL, FERENC, Dipl.-Ing.: *Densitometer 1972. 2. Teil; Densitometrische Messungen an einer laufenden Rollenoffsetmaschine*. Fachhefte 4/72.
6. SCHRÖDER, WERNER: *Methoden zur Stabilisierung der Druckqualität im Offsetdruck*. Polygraph 4-75.
7. GRETAG: *Die automatische Farbdichtemeßanlage Gretag D61 für Tiefdruck*. Papier und Druck 3/74.
8. Automation für grafische Technik AG, Meerbusch, *Farbdichtemessungen an der laufenden Rollenoffsetmaschine*. Polygraph 22-75.
9. WIRZ, DR. B.: *Stufen der Automatisierung der Druckmaschine*. VDD-Vortrag am 7.12.1973 in Frankfurt am Main.
10. FUCHS, BORIS: *Maschinenvoreinstellung und ergonomische Arbeitsgestaltung - Vorstufe oder Ersatz der Automation*. VDD-Vortrag, 7.12.73 in Frankfurt am Main.
11. BRUNE, M., REBNER, W.: *Untersuchung von Raster-Übertragungsvorgängen als Voraussetzung zur Prozeßsteuerung*. FOGRA Mitteilung Nr. 68, 1971.
12. KAHVECI, A., DWYER, S. J.: *Automated visual inspection for paper and packing industries*. International Conference on Photography in Printing, London 2./3./4. April 1975.
13. BRUNE, M.: *Messung von Fehlerscheinungen an gedruckten Rasterflächen*. FOGRA Mitteilung 74, 1972.
14. BURDA: *Auf dem Wege zur industriellen Fertigung im Vorstufenbereich des Druckereiwesens*. Polygraph 4-73, Seite 231.
15. SCHEUTER, K. R.: *Ist Qualität von Reproduktionen meßbar?* Druck Print 9/1972 Seiten 587 bis 596.

# Qualitätssicherung bei EDV-gestützten Reproduktions- und Druckverfahren

Von Dr.-Ing. ROLAND HRADEZKY Teil 2

In der Einleitung zum ersten Teil [Heft 1-78] waren den neuen EDV-unterstützten Reproduktions- und Drucktechniken angepasste Kontrollmethoden vorgeschlagen worden, um mit Rücksicht auf die Genauigkeit der Kontrollergebnisse, der Zeit- und Kostenersparnis kurze Verfahrenswege zu ermöglichen. Von angepaßt kann dann gesprochen werden, wenn die Konzeption der Produktion und die Konzeption der Prüfverfahren gemeinsame Verfahrenskomponenten aufweisen. Wenn also zum Beispiel eine Druckvorlage bereits von einem Scanner oder einer Videokamera abgetastet wurde und die Bilddaten in einem Speicher auf Abruf bereitstehen, dann sollen auch diese Bilddaten mit zur Qualitätssicherung herangezogen werden. Dagegen werden die Praktiker einwenden, daß die Qualität zum Beispiel eines Druckes nicht durch EDV-Methoden meßbar und damit quantitativ definierbar sei. Die nun folgenden Ausführungen sollen versuchen, Möglichkeiten in dieser Richtung aufzuzeigen, wobei nicht darauf abgezielt werden soll, jegliche gesunde Skepsis auszuschalten. Es soll vielmehr der Anfang einer Entwicklung dokumentiert werden, deren Fortgang eng mit der zunehmenden Implementierung von EDV-Peripherie in der Druckindustrie verknüpft sein wird. Um die, für den relativ konventionell orientierten grafischen Bereich, neue Denkweise zu dokumentieren, kann in diesem Bericht auf etwas Theorie und Versuchstechnik nicht verzichtet werden. Eine ausführliche Beschreibung kann dem Institutsbericht 1/1977 »Objektive Qualitätsbeurteilung von Druckprodukten und Möglichkeiten zur analytischen Behandlung von Reproduktions- und Druckprozessen mit Hilfe der Informationstheorie« entnommen werden. Der Bericht ist erhältlich bei der Forschungsgesellschaft Druckmaschinen e.V., Frankfurt am Main, Lyoner Straße 18.

## Was ist Information?

»Reproduktions- und Druckverfahren dienen der Vervielfältigung einer in Form von Fotos, Dias, Zeichnungen und Texten vorgegebenen Information«. Das Stichwort »Information« dieser in Teil 1 gebrauchten Definition bedarf einer Erklärung, denn im allgemeinen Sprachgebrauch bedeutet Information ein Medium zur menschlichen Kommunikation, also eine Nachricht, und ist mit der Semantik verknüpft. Die Semantik untersucht die Relation von logisch verknüpften Zeichen (zum Beispiel ein geschriebenes Wort) zur Wirklichkeit bzw. zum subjektiven Inhalt, während die klassische Informationstheorie [16] von der Semantik gelöst ist. Eine Nachricht im informationstheoretischen Sinn entsteht durch einmalige oder fortgesetzte Auswahl aus einer Menge von vorgegebenen Möglichkeiten. So entsteht der vorliegende Text durch Auswahl aus dem Wortschatz der deutschen Sprache bzw. durch Auswahl aus den Buchstaben des lateinischen Alphabets. Diese Auswahl kann eingeschränkt sein durch gewisse Regeln (Syntax der deutschen Sprache), aber sie ist nicht determiniert. Die Auswahl erfolgt durch die Nachrichtenquelle, den Sender, sie wird beobachtet durch den Beobachter oder Empfänger. Das eine wie das andere kann ein Mensch

sein, aber ebenso auch ein Gerät; die Quelle ein Fernmeßgerät, der Empfänger eine Regelanlage [Abbildung 5].

Wenn also in diesem Bericht der Begriff »Information« vorgefunden wird, ist damit die informationstheoretische Information gemeint. Durch die Anwendung der allgemeinen Informationstheorie ist auch die Möglichkeit gegeben, einen Reproduktions- und Druckprozeß nicht nur aus der Sicht der Technologen und Physiologen zu beurteilen und zu beschreiben. Analog zur klassischen Informationstheorie, die sich mit Codieren, Übertragen und Decodieren von elektrisch erzeugten Signalen auseinandersetzt, verfolgt die für drucktechnische Belange modifizierte Informationstheorie den Weg eines Druck-Erzeugnisses von der Vorlage über die Reproduktion und die Druckmaschine bis zum fertigen Druck. Die Informationsträger sind dabei primär nicht elektrische Signale, sondern die Dichten diskreter Bildpunkte bzw. im allgemeinsten Falle die Farbreize, die von diesen Bildpunkten ausgehen. Diese sind meßtechnisch erfassbar und damit einer mathematisch-informationstheoretischen Betrachtungsweise zugänglich [Abbildung 6].

Die Informationsmenge, die einem menschlichen Beobachter beim Betrachten eines Schwarzweiß-Bildes rein visuell übermittelt wird, ist eine Funktion der Zahl der Bildelemente, deren Helligkeiten oder Farbreize vom menschlichen Auge als unterschiedlich erkannt werden; wobei man unter dem Bildelement strenggenommen einen Bildpunkt in der Größe des Auflösungsvermögens des menschlichen Auges zu verstehen hat (also ein Rasterquadrat von etwa 1/10 Millimeter Seitenlänge).

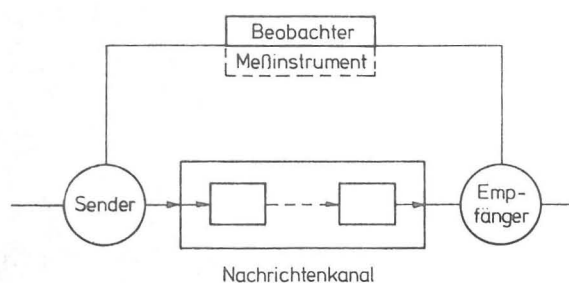
## Ein Maß für die Information

Die Menge an Information, die ein Bildelement  $x_i$  vermittelt, ist von dem Grad der Seltenheit seines Auftretens abhängig. Der Grad der Seltenheit kann durch die reziproke Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von  $x_i$ , also durch  $\frac{1}{p(x_i)}$  ausgedrückt werden. Die Größe  $x_i$  wird in der informationstheoretischen Terminologie auch als Ereignis bezeichnet. Der Index  $i$  steht dabei für ein bestimmtes Ereignis, also bei unseren Betrachtungen für eine bestimmte Dichte- oder Farbreizstufe, wobei die Gesamtzahl  $n$  aller Stufen, die sich durch eine Diskretisierung der Farbskala ergeben können, vom Farbumfang des Bildes bestimmt wird.

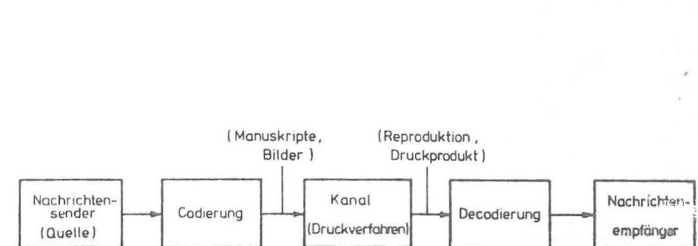
Für ein gedrucktes Schwarzweiß-Bild (60 Linien je Zentimeter) genügen 60 bis 70 Helligkeitsstufen, um alle Schattierungen zu erfassen [17]. Dagegen vermag das Auge etwa zwei bis sieben Millionen (die Zahlenangaben darüber sind sehr unterschiedlich) verschiedene Farbreize zu unterscheiden. Drucktechnisch sind aber nur weit weniger unterscheidbare Farbreize realisierbar (etwa 30 Prozent der oben genannten Zahlen).

Die theoretische Herleitung der Funktion für die Informationsmenge beispielsweise einer unbunten Bildvorlage würde den Rahmen dieses Berichtes übersteigen. An einem visuell einprägsamen Beispiel soll aber

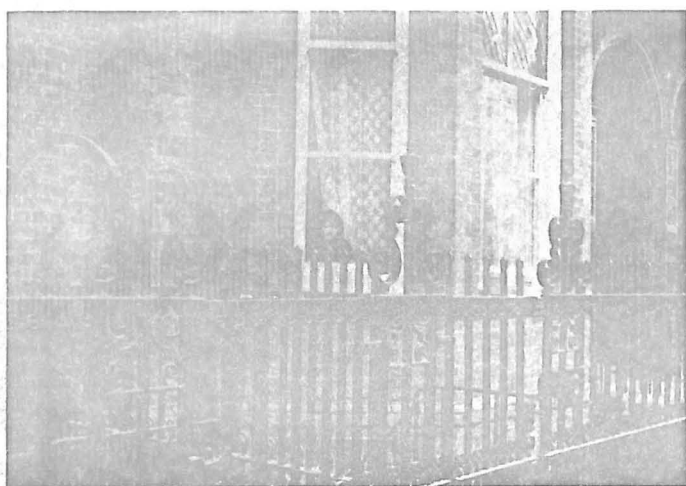
5 Schema eines nachrichtentechnischen Übertragungssystems.



6 Kette der Informationsübertragung beim Druckprozeß.







Wahrscheinlichkeitsverteilung der Dichtestufen von Testvorlage D04

0,02	0,00000000	0	1
1,02	0,00000000	0	1
2,02	0,00000000	0	1
3,02	0,00000000	0	1
4,02	0,00000000	0	1
5,02	0,00000000	0	1
6,02	0,00000000	0	1
7,02	0,00000000	0	1
8,02	0,00000000	0	1
9,02	0,00000000	0	1
10,02	0,00000000	0	1
11,02	0,00000000	0	1
12,02	0,00000000	0	1
13,02	0,00000000	0	1
14,02	0,00000000	0	1
15,02	0,00000000	0	1
16,02	0,00000000	0	1
17,02	0,00000000	0	1
18,02	0,00000000	0	1
19,02	0,00000000	0	1
20,02	0,00000000	0	1
21,02	0,00000000	0	1
22,02	0,00000000	0	1
23,02	0,00000000	0	1
24,02	0,00000000	0	1
25,02	0,00000000	0	1
26,02	0,00000000	0	1
27,02	0,00000000	0	1
28,02	0,00000000	0	1
29,02	0,00000000	0	1
30,02	0,00000000	0	1
31,02	0,00000000	0	1
32,02	0,00000000	0	1
33,02	0,00000000	0	1
34,02	0,00000000	0	1
35,02	0,00000000	0	1
36,02	0,00000000	0	1
37,02	0,00000000	0	1
38,02	0,00000000	0	1
39,02	0,00000000	0	1
40,02	0,00000000	0	1
41,02	0,00000000	0	1
42,02	0,00000000	0	1
43,02	0,00000000	0	1
44,02	0,00000000	0	1
45,02	0,00000000	0	1
46,02	0,00000000	0	1
47,02	0,00000000	0	1
48,02	0,00000000	0	1
49,02	0,00000000	0	1
50,02	0,00000000	0	1
51,02	0,00000000	0	1
52,02	0,00000000	0	1
53,02	0,00000000	0	1
54,02	0,00000000	0	1
55,02	0,00000000	0	1
56,02	0,00000000	0	1
57,02	0,00000000	0	1
58,02	0,00000000	0	1
59,02	0,00000000	0	1
60,02	0,00000000	0	1
61,02	0,00000000	0	1
62,02	0,00000000	0	1
63,02	0,00000000	0	1
64,02	0,00000000	0	1
65,02	0,00000000	0	1
66,02	0,00000000	0	1
67,02	0,00000000	0	1
68,02	0,00000000	0	1
69,02	0,00000000	0	1
70,02	0,00000000	0	1
71,02	0,00000000	0	1
72,02	0,00000000	0	1
73,02	0,00000000	0	1
74,02	0,00000000	0	1
75,02	0,00000000	0	1
76,02	0,00000000	0	1
77,02	0,00000000	0	1
78,02	0,00000000	0	1
79,02	0,00000000	0	1
80,02	0,00000000	0	1
81,02	0,00000000	0	1
82,02	0,00000000	0	1
83,02	0,00000000	0	1
84,02	0,00000000	0	1
85,02	0,00000000	0	1
86,02	0,00000000	0	1
87,02	0,00000000	0	1
88,02	0,00000000	0	1
89,02	0,00000000	0	1
90,02	0,00000000	0	1
91,02	0,00000000	0	1
92,02	0,00000000	0	1
93,02	0,00000000	0	1
94,02	0,00000000	0	1
95,02	0,00000000	0	1
96,02	0,00000000	0	1
97,02	0,00000000	0	1
98,02	0,00000000	0	1
99,02	0,00000000	0	1
100,02	0,00000000	0	1

7 Druckvorlage D. Um etwa 28 Prozent verkleinert wiedergegeben.

8 Verteilung der rel. Häufigkeiten von 100 000 Bildelementen der Druckvorlage D. Informationsgehalt der Druckvorlage:  $H(x) = 5.80$  bit/Bildelement.

das Wesentliche gesagt werden. In Bild 7 ist die Fotografie einer Straßenszene gezeigt. Von einem Scanner wurde das Bild ( $10 \times 13$  cm) durch 100 000 einzelne Bildelementdaten mit 64 Helligkeitsstufen (Dichtestufen) erfaßt. In einem Computer wurden die relativen Häufigkeiten der Elemente gleicher Dichtestufe ermittelt und in einem Balkendiagramm ausgedruckt. [Abbildung 8]. Wenn man sich jetzt vorstellt, daß dieses Bild in einer Art Puzzlespiel aus 64 unterschiedlichen Bildelementen wieder zusammengesetzt werden soll, wobei der genügend große Vorrat an Puzzleelementen in der Zusammensetzung der Abbildung 8 folgen soll, dann müssen beim Heraussuchen des für die jeweilige Bildstelle richtigen Puzzleelementes ein bis mehrere Ja/Nein-Entscheidungen getroffen werden, bis man das richtige Element gefunden hat. Und die durchschnittliche Anzahl von Ja/Nein-Entscheidungen für das gesamte Bild repräsentiert die Informationsmenge/Bildelement in bit (eine Ja/Nein-Entscheidung wird ein bit genannt). Für die Abbildung 8 läßt sich eine Informationsmenge  $H(x)$  von 5.80 bit/Element, das heißt ein  $H$  von  $5.8 \times 100\,000$  bit für das gesamte Bild berechnen.

Da das beschriebene Maß für den Informationsgehalt frei von subjektiv geprägten Eindrücken ist, ändert sich der Informationsgehalt natürlich nicht, wenn das Bild auf den Kopf stehend betrachtet wird. Es wäre dann für das visuelle System nur eine Frage der Gewöhnung (Umcodierung), bis das umgedrehte Bild auch subjektiv die gleiche Aussage bringen würde. Wird das in Abbildung 7 gezeigte Foto sehr

Wahrscheinlichkeitsverteilung der Dichtestufen von Testvorlage D051

0,02	0,00000000	0	1
1,02	0,00000000	0	1
2,02	0,00000000	0	1
3,02	0,00000000	0	1
4,02	0,00000000	0	1
5,02	0,00000000	0	1
6,02	0,00000000	0	1
7,02	0,00000000	0	1
8,02	0,00000000	0	1
9,02	0,00000000	0	1
10,02	0,00000000	0	1
11,02	0,00000000	0	1
12,02	0,00000000	0	1
13,02	0,00000000	0	1
14,02	0,00000000	0	1
15,02	0,00000000	0	1
16,02	0,00000000	0	1
17,02	0,00000000	0	1
18,02	0,00000000	0	1
19,02	0,00000000	0	1
20,02	0,00000000	0	1
21,02	0,00000000	0	1
22,02	0,00000000	0	1
23,02	0,00000000	0	1
24,02	0,00000000	0	1
25,02	0,00000000	0	1
26,02	0,00000000	0	1
27,02	0,00000000	0	1
28,02	0,00000000	0	1
29,02	0,00000000	0	1
30,02	0,00000000	0	1
31,02	0,00000000	0	1
32,02	0,00000000	0	1
33,02	0,00000000	0	1
34,02	0,00000000	0	1
35,02	0,00000000	0	1
36,02	0,00000000	0	1
37,02	0,00000000	0	1
38,02	0,00000000	0	1
39,02	0,00000000	0	1
40,02	0,00000000	0	1
41,02	0,00000000	0	1
42,02	0,00000000	0	1
43,02	0,00000000	0	1
44,02	0,00000000	0	1
45,02	0,00000000	0	1
46,02	0,00000000	0	1
47,02	0,00000000	0	1
48,02	0,00000000	0	1
49,02	0,00000000	0	1
50,02	0,00000000	0	1
51,02	0,00000000	0	1
52,02	0,00000000	0	1
53,02	0,00000000	0	1
54,02	0,00000000	0	1
55,02	0,00000000	0	1
56,02	0,00000000	0	1
57,02	0,00000000	0	1
58,02	0,00000000	0	1
59,02	0,00000000	0	1
60,02	0,00000000	0	1
61,02	0,00000000	0	1
62,02	0,00000000	0	1
63,02	0,00000000	0	1
64,02	0,00000000	0	1
65,02	0,00000000	0	1
66,02	0,00000000	0	1
67,02	0,00000000	0	1
68,02	0,00000000	0	1
69,02	0,00000000	0	1
70,02	0,00000000	0	1
71,02	0,00000000	0	1
72,02	0,00000000	0	1
73,02	0,00000000	0	1
74,02	0,00000000	0	1
75,02	0,00000000	0	1
76,02	0,00000000	0	1
77,02	0,00000000	0	1
78,02	0,00000000	0	1
79,02	0,00000000	0	1
80,02	0,00000000	0	1
81,02	0,00000000	0	1
82,02	0,00000000	0	1
83,02	0,00000000	0	1
84,02	0,00000000	0	1
85,02	0,00000000	0	1
86,02	0,00000000	0	1
87,02	0,00000000	0	1
88,02	0,00000000	0	1
89,02	0,00000000	0	1
90,02	0,00000000	0	1
91,02	0,00000000	0	1
92,02	0,00000000	0	1
93,02	0,00000000	0	1
94,02	0,00000000	0	1
95,02	0,00000000	0	1
96,02	0,00000000	0	1
97,02	0,00000000	0	1
98,02	0,00000000	0	1
99,02	0,00000000	0	1
100,02	0,00000000	0	1

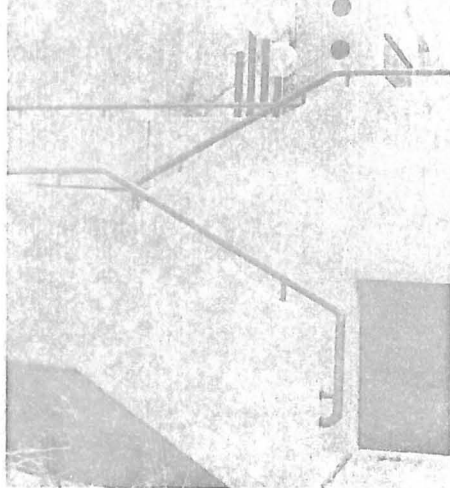
9 Schlechte Reproduktion der Druckvorlage D.

10 Verteilung der relativen Häufigkeiten von 100 000 Bildelementen einer Reproduktion von Druckvorlage D. Informationsgehalt der Reproduktion:  $H(y) = 4.85$  bit/Bildelement.

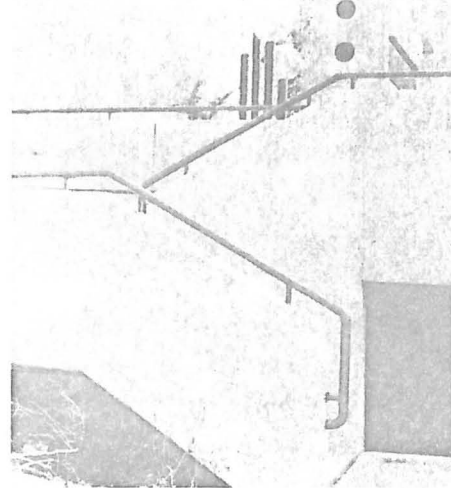
schlecht reproduziert und gedruckt, wie es die Abbildung 9 zeigt (geringerer Dichteumfang), dann ergibt sich das in Abbildung 10 gezeigte Balkendiagramm, entsprechend einem  $H(y) = 4.85$  bit/Element (y ist der Index für den Druck, x für die Vorlage). Wenn man das oben vorgeführte Puzzlespiel mit den neuen Verhältnissen wiederholt, ist leicht einzusehen, daß man weniger Ja/Nein-Entscheidungen benötigt, um das Bild wieder zusammenzusetzen, da a priori nach weniger unterschiedlichen Bildelementen gefragt ist. In den Abbildungen 11, 12, 13, 14 sind die gleichen Verhältnisse mit einem anderen Motiv gezeigt. Man sieht an der tristen Architektur mit wenig unterscheidbaren, sehr ungleich verteilten Dichtebereichen, daß bereits der Informationsgehalt  $H$  des Fotos Abbildung 11 wesentlich niedriger als der des Fotos Abbildung 8 ist, entsprechend auch Abbildung 13 gegenüber Abbildung 9.

## Prozeßbeurteilung

Es ist also möglich, eine Druckvorlage und die aus ihr resultierenden Drucke durch eine quantitative Größe, den Informationsgehalt  $H$ , zu belegen. Da kein realer informationsübertragender Prozeßverlust- und störungsfrei arbeitet, muß es auch möglich sein, den Ablauf des Prozesses Vorlage – Druck [siehe Abbildung 6] durch Angabe der Anteile an Informationsverlusten (Äquivokation) und Störungen (Irrelevanz) zu definieren. Diese Anteile sind durch Vergleich der Balkendiagramme der Abbildungen 8 und 10 bzw. Abbildungen 12 und 14 unschwer qualitativ zu erkennen. Informationsverluste treten beispielsweise durch einen geringeren Dichteumfang und Störungen durch eine Änderung der Gradation auf. In einem Flußdiagramm [Abbildung 15] sind die Verhältnisse leichter überschaubar. Der Term  $T$  (Transformation) kennzeichnet den Anteil an Information, der unverfälscht aus der Druckvorlage im Druck wiedergefunden werden kann. Auf die Balkendiagramme angewendet, ist dieser Anteil durch das ähnliche Profil (Hüllkurve) der Kurvenverläufe charakterisierbar. Da alle Grö-



11 Druckvorlage B. Um etwa 35 Prozent verkleinert wiedergegeben.  
12 Verteilung der relativen Häufigkeiten von 100 000 Bildelementen der Druckvorlage B. Informationsgehalt der Druckvorlage:  
 $H(x) = 3.97 \text{ bit/Bildelement}$ .



13 Schlechte Reproduktion der Druckvorlage B.  
14 Verteilung der rel. Häufigkeiten von 100 000 Bildelementen einer Reproduktion von Druckvorlage B. Informationsgehalt der Reproduktion:  
 $H(y) = 3.11 \text{ bit/Bildelement}$ .

Wahrscheinlichkeitsverteilung der Dichtestufen von Testvorlage B01

0.00	0.000000	0
1.00	0.000000	0
2.00	0.000000	0
3.00	0.000000	0
4.00	0.000000	0
5.00	0.000000	0
6.00	0.000000	0
7.00	0.000000	0
8.00	0.000000	0
9.00	0.000000	0
10.00	0.000000	0
11.00	0.000000	0
12.00	0.000000	0
13.00	0.000000	0
14.00	0.000000	0
15.00	0.000000	0
16.00	0.000000	0
17.00	0.000000	0
18.00	0.000000	0
19.00	0.000000	0
20.00	0.000000	0
21.00	0.000000	0
22.00	0.000000	0
23.00	0.000000	0
24.00	0.000000	0
25.00	0.000000	0
26.00	0.000000	0
27.00	0.000000	0
28.00	0.000000	0
29.00	0.000000	0
30.00	0.000000	0
31.00	0.000000	0
32.00	0.000000	0
33.00	0.000000	0
34.00	0.000000	0
35.00	0.000000	0
36.00	0.000000	0
37.00	0.000000	0
38.00	0.000000	0
39.00	0.000000	0
40.00	0.000000	0
41.00	0.000000	0
42.00	0.000000	0
43.00	0.000000	0
44.00	0.000000	0
45.00	0.000000	0
46.00	0.000000	0
47.00	0.000000	0
48.00	0.000000	0
49.00	0.000000	0
50.00	0.000000	0
51.00	0.000000	0
52.00	0.000000	0
53.00	0.000000	0
54.00	0.000000	0
55.00	0.000000	0
56.00	0.000000	0
57.00	0.000000	0
58.00	0.000000	0
59.00	0.000000	0
60.00	0.000000	0
61.00	0.000000	0
62.00	0.000000	0
63.00	0.000000	0
64.00	0.000000	0
65.00	0.000000	0
66.00	0.000000	0
67.00	0.000000	0
68.00	0.000000	0
69.00	0.000000	0
70.00	0.000000	0
71.00	0.000000	0
72.00	0.000000	0
73.00	0.000000	0
74.00	0.000000	0
75.00	0.000000	0
76.00	0.000000	0
77.00	0.000000	0
78.00	0.000000	0
79.00	0.000000	0
80.00	0.000000	0
81.00	0.000000	0
82.00	0.000000	0
83.00	0.000000	0
84.00	0.000000	0
85.00	0.000000	0
86.00	0.000000	0
87.00	0.000000	0
88.00	0.000000	0
89.00	0.000000	0
90.00	0.000000	0
91.00	0.000000	0
92.00	0.000000	0
93.00	0.000000	0
94.00	0.000000	0
95.00	0.000000	0
96.00	0.000000	0
97.00	0.000000	0
98.00	0.000000	0
99.00	0.000000	0
100.00	0.000000	0

Wahrscheinlichkeitsverteilung der Dichtestufen von Testvorlage B05

0.00	0.000000	0
1.00	0.000000	0
2.00	0.000000	0
3.00	0.000000	0
4.00	0.000000	0
5.00	0.000000	0
6.00	0.000000	0
7.00	0.000000	0
8.00	0.000000	0
9.00	0.000000	0
10.00	0.000000	0
11.00	0.000000	0
12.00	0.000000	0
13.00	0.000000	0
14.00	0.000000	0
15.00	0.000000	0
16.00	0.000000	0
17.00	0.000000	0
18.00	0.000000	0
19.00	0.000000	0
20.00	0.000000	0
21.00	0.000000	0
22.00	0.000000	0
23.00	0.000000	0
24.00	0.000000	0
25.00	0.000000	0
26.00	0.000000	0
27.00	0.000000	0
28.00	0.000000	0
29.00	0.000000	0
30.00	0.000000	0
31.00	0.000000	0
32.00	0.000000	0
33.00	0.000000	0
34.00	0.000000	0
35.00	0.000000	0
36.00	0.000000	0
37.00	0.000000	0
38.00	0.000000	0
39.00	0.000000	0
40.00	0.000000	0
41.00	0.000000	0
42.00	0.000000	0
43.00	0.000000	0
44.00	0.000000	0
45.00	0.000000	0
46.00	0.000000	0
47.00	0.000000	0
48.00	0.000000	0
49.00	0.000000	0
50.00	0.000000	0
51.00	0.000000	0
52.00	0.000000	0
53.00	0.000000	0
54.00	0.000000	0
55.00	0.000000	0
56.00	0.000000	0
57.00	0.000000	0
58.00	0.000000	0
59.00	0.000000	0
60.00	0.000000	0
61.00	0.000000	0
62.00	0.000000	0
63.00	0.000000	0
64.00	0.000000	0
65.00	0.000000	0
66.00	0.000000	0
67.00	0.000000	0
68.00	0.000000	0
69.00	0.000000	0
70.00	0.000000	0
71.00	0.000000	0
72.00	0.000000	0
73.00	0.000000	0
74.00	0.000000	0
75.00	0.000000	0
76.00	0.000000	0
77.00	0.000000	0
78.00	0.000000	0
79.00	0.000000	0
80.00	0.000000	0
81.00	0.000000	0
82.00	0.000000	0
83.00	0.000000	0
84.00	0.000000	0
85.00	0.000000	0
86.00	0.000000	0
87.00	0.000000	0
88.00	0.000000	0
89.00	0.000000	0
90.00	0.000000	0
91.00	0.000000	0
92.00	0.000000	0
93.00	0.000000	0
94.00	0.000000	0
95.00	0.000000	0
96.00	0.000000	0
97.00	0.000000	0
98.00	0.000000	0
99.00	0.000000	0
100.00	0.000000	0

Anmerkung:  
In den Abbildungen 8, 10, 12, 14 ist nur der gestrichelte Bildverlauf der Häufigkeitsverteilung zu beachten.

Ben in den Fluiddiagrammen der Abbildung 15 quantitativ ermittelt werden können, ist es möglich, einen Prozeßwirkungsgrad  $\eta$  zu berechnen, wie er etwa mit ähnlicher Definition für einen Motor oder ein Getriebe bekannt ist:

$$\eta = \frac{\text{Nutzen}}{\text{Aufwand}} [-]$$

Der »Nutzen« ist die verwendbare Information (Transinformation T) bzw. die vom Motor abgegebene Leistung. Zum Aufwand wird alles das gezählt, was in den Prozeß einfließt – beim Motor die Wärmemenge des verbrauchten Kraftstoffs und beim informationsverarbeitenden Prozeß der Informationsgehalt der Vorlage  $[H(x)]$  und der Störungsanteil, Irrelevanz genannt. Geht man von der Voraussetzung aus, und davon wurde bereits im 1. Teil gesprochen, daß es das Ziel eines Reproduktions- und Druckprozesses sein soll, eine Vorlage möglichst exakt zu vervielfältigen, so kann ein informationstheoretisch hergeleiteter Prozeßwirkungsgrad

$$q = \frac{\text{Nutzinformation}}{\text{Eingangsinformation} + \text{Störinformation}} [-]$$

als Gütegrad für die erzielte Qualität der Vervielfältigung betrachtet werden [18]. Hierbei muß noch ausdrücklich vermerkt werden, daß es sich nicht um eine absolute Qualitätsbeurteilung handelt, sondern um eine Beurteilung relativ zur Vorlage, da die absolute Qualität, also der Sollzustand, in Form der Vorlage selbst durch die Gestaltungsqualität bereits vorgegeben ist [siehe Teil 1, »Prozeßstandardisierung«].

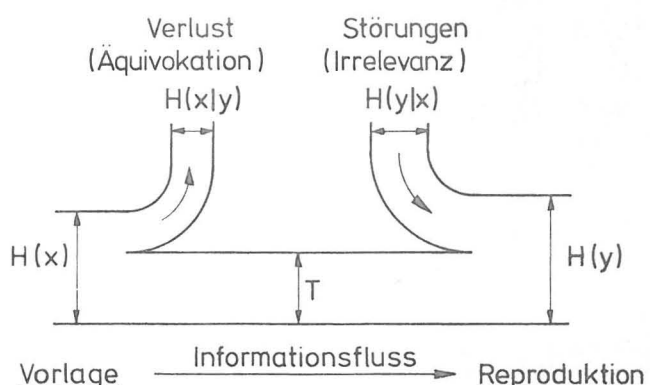
### Praktischer Beweis

Was nützt die bestechendste Theorie, wenn sie nicht praktisch bestätigt werden kann. Um diese Bestätigung zu erhalten, wurde eine

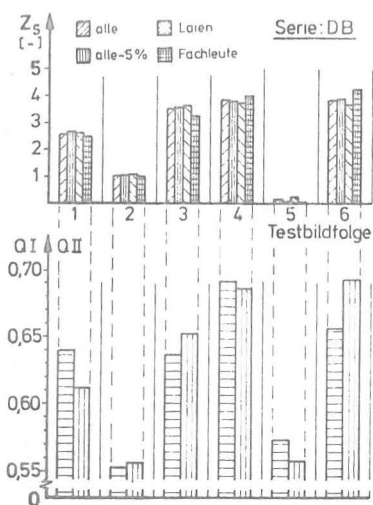
große Anzahl von Tests durchgeführt. Die Tests, die nur kurz beschrieben werden sollen, hatten vier gemeinsame Komponenten:

1. Auswählen von Schwarzweiß-Druckvorlagen und Herstellen von qualitativ unterschiedlichen Drucken, die zu 14 Testserien zusammengestellt wurden.
2. Durchführen von visuellen Tests, die die unter 1. produzierten Drucke im sogenannten »Paarweisen Vergleich« [19] qualitativ bewerten sollten. Die jeweilige Druckvorlage diente als Qualitätsstandard. Ergebnisse dieser Tests war für jede der Testserien eine subjektiv empfundene Qualitätsrangfolge der einzelnen Drucke. Die Tests wurden bundesweit mit 72 Testpersonen (Laien und Fachleute, wie Drucker, Lithografen u.a.) durchgeführt. Vielleicht finden einige der Testpersonen die Ergebnisse ihrer Bemühungen hier wieder.

15 Schaubild des Informationsflusses eines Übertragungsprozesses Vorlage – Druck.







16 Gegenüberstellung der Qualitätsrangfolgen einer visuell subjektiven ( $z_s$ -Werte) und einer informationstheoretisch objektiven ( $QI, II$ -Werte) Qualitätsbewertung (einer von 14 erfolgreichen Versuchen).

3. Scannen von Druckvorlagen und den aus ihr resultierenden Drucken. Die Scandaten, Dichten diskreter Bildpunkte (Größe:  $0,13 \text{ mm}^2$ ) wurden auf Band gespeichert. Im Computer wurde der Gütegrad  $q$  für jede Kombination Vorlage – Druck berechnet. Ergebnis dieses Vorgehens war für jede Testserie eine objektive Qualitätsrangfolge aufgrund meßtechnisch informationstheoretischer Vorgehensweise.

Das Meßgerät war ein handelsüblicher Scanner, der in Zusammenarbeit mit der Fa. Dr.-Ing. Hell, Kiel, zweckentsprechend modifiziert worden war.

4. Vergleich der Ergebnisse von Punkt 2. und 3., das heißt, kann eine statistisch genügend gesicherte Übereinstimmung in der subjektiv visuellen Bewertung mit der objektiv meßtechnischen Bewertung festgestellt werden?

Die Antwort auf die in 4. gestellte Frage war für alle 14 Versuche – Ja. Die Abbildung 16 zeigt das Ergebnis eines Versuches. Die tendenzielle Übereinstimmung der visuell subjektiven Bewertung (obere Diagrammsäulen) mit der informationstheoretischen Bewertung (untere Diagrammsäulen) ist bereits visuell leicht erkennbar. Da sich die Übereinstimmung auch als statistisch genügend gesichert erwiesen hat, kann das oben angeführte theoretische Vorgehen als bestätigt angesehen werden.

#### Laien = Fachleute

Ein interessantes Nebenergebnis brachte die Auswertung der visuellen Tests. Fachleute und Laien zeigten im Mittel die gleichen Reaktionen, was die Beurteilung der Testbilder anbelangt [Abbildung 16], da der Test keine fachlichen Qualifikationen voraussetzte. Zu diesem Ergebnis sind auch andere Autoren mit ähnlichen Fragestellungen gekommen [20].

Die Vorgehensweise beim »Paarweisen Vergleich« macht durch Inkonzsequenz beim Beurteilen widersprüchliche Antworten der Testpersonen möglich. In dieser Hinsicht waren die Fachleute den Laien überlegen, das heißt die Reaktionen der Fachleute waren sicherer und eindeutiger, was sicherlich auf die größere Erfahrung im kritischen Vergleich von visueller Information zurückzuführen ist.

#### Konsequenzen und Möglichkeiten aus den geschilderten Untersuchungen

##### Bei konventionellen Reproduktions- und Druckverfahren:

Eine objektive Bewertung einer zur Vorlage relativen Druckqualität beinhaltet indirekt auch eine objektive Bewertung der am Prozeß beteiligten Apparate, Materialien und Fähigkeiten der Operateure. Durch eine Prozeßanalyse, das heißt durch eine Untersuchung von Einzelprozessen, können kritische Prozeßkomponenten (zum Beispiel die Druckmaschine) herausgefiltert und gezielt verbessert werden. Die Auswirkung der Modifikationen auf das Gesamtergebnis kann einmal praktisch, als auch durch eine digitale Simulation aller Prozesse im Rechner nachgeprüft werden.

Der Andruck, im Grunde eine analoge Simulation des Fortdruckprozesses, kann durch eine digitale Simulation ersetzt werden, wobei das Ergebnis auch auf einem Display (Bildschirm) sichtbar gemacht werden kann. Das analog arbeitende »Chromoskop« von Hell ist ein entscheidender Schritt in diese Richtung.

##### Bei neuen Technologien:

Hier gilt grundsätzlich das für herkömmliche Verfahren gesagte. Nur ist gerade bei neuen Technologien ein Zwang zu neuen Kontrollmethoden gegeben, da die bisher praktizierten Prüfverfahren an die Technologie des zu prüfenden Vorganges gebunden sind. Und gerade beim Vergleich der erzielten Output-Qualitäten von konventionellen und neuzeitlichen Vervielfältigungsverfahren sind verfahrensunabhängige Prüfsysteme notwendig. Zusätzlich eröffnet die Möglichkeit der digitalen Simulation die Verkoppelung traditioneller Verfahren mit Verfahren neuerer Technologie, ohne auf eine vorerst vielleicht problematische praktische Durchführbarkeit dieser Koppelung Rücksicht nehmen zu müssen.

##### Praktische Realisierbarkeit:

Die geschilderten Untersuchungen und praktischen Beweise wurden mit unbunten Druckvorlagen (Schwarzweiß-Fotografien) durchgeführt, da die zur Verfügung stehende apparative Ausrüstung nicht für farbige Bilder sinnvoll einzusetzen war. Grundsätzlich lassen sich mit den heutigen Möglichkeiten der Bilddatenerfassung, Speicherung und Verarbeitung Farbprozesse nach den geschilderten Verfahren analysieren. Nach dem heutigen Stand der Technologie würden Online-Messungen in der Druckmaschine bei Papierbahn-Geschwindigkeiten bis zu  $8 \text{ m/s}$  möglich sein, entsprechend bei Bogenmaschinen. Da sich die Kostenentwicklung auf dem Markt der elektronischen Bauelemente auch auf lange Sicht für den Verbraucher immer günstiger gestalten wird, kann auch aus wirtschaftlichen Aspekten in naher Zukunft eine Realisierung der Qualitätssicherung mit Hilfe der Informationstheorie in der Praxis möglich sein. Die beschriebenen Untersuchungen reichen dafür sicherlich nicht aus, sondern müßten mit industrieller Unterstützung fachlicher und finanzieller Art weitergetrieben werden. Daß wir mit unseren Vorstellungen nicht allein sind, zeigen die Publikationen der sowjetischen und DDR-Fachliteratur, die schon seit Jahren die informationstheoretisch orientierte Beschreibung polygrafischer Prozesse diskutieren, die aber wegen des mangelnden Know-hows auf dem Gebiet der EDV und der hochintegrierten elektronischen Bauelemente praktisch orientierte Ergebnisse vermissen lassen. Wem heute noch die geschilderten Möglichkeiten zu futuristisch erscheinen, mag sich daran erinnern, daß zum Beispiel Ink-jet-Drucken vor fünf Jahren noch als Spielerei abgetan wurde, daß die Bildschirmzeitung vor zwei Jahren nur als Wunschvorstellung einiger weniger Fachleute realisierbar und sinnvoll erschien oder daß die Entwicklung höchstintegrierter Digital-speicher mit einer Million Speicherzellen auf einer Fläche von  $1$  bis  $2 \text{ cm}^2$  noch vor einem Jahr für unmöglich gehalten wurde. Und alle die genannten Fakten werden heute ernsthaft diskutiert und für die nächste Zukunft, das heißt bis Anfang der 80iger Jahre, die praktische Realisierung bestätigt. Die Zeiten, in denen den Drucker ein Flair der »Schwarzen Kunst« zu umgeben hatte, dürften mit diesen Aussichten wohl zu Ende gehen.

#### LITERATURVERZEICHNIS

- SHANNON, C. E., WEAVER, W.: *A Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, Urbana, Illinois, 1964.
- HRADZKY, R.: *Objektive Qualitätsbeurteilung von Druckprodukten und Möglichkeiten zur analytischen Behandlung von Reproduktions- und Druckprozessen mit Hilfe der Informationstheorie*. Diss. TH Darmstadt, 1977.
- WOLF, K.: *Beitrag zur Systemtheorie der Druckverfahren*. Diss. TH Darmstadt, 1970.
- DAVID, H. A.: *The Method of Paired Comparisons*. Griffin's Statistical Monographs & Courses No 12, Charles Griffin & Company Limited, London, 1963.
- LARSSON, LARS O., JOHANSSON, P.-A.: *Print quality as a function of some optical properties of paper*. 13th International Conference of IARIGAI, 1975.